

مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل

IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-ADMS برای

فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

سیدعلی تقی‌زاده، دانش‌آموخته دکتری مهندسی عمران - راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

غلامعلی شفاابخش (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

shafabakhsh@semnan.ac.ir

محمود احمدی‌نژاد، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴

چکیده

با توجه به اینکه سهم حمل و نقل در تولید و نشر آلاینده‌های هوا، از دیگر منابع انتشار در شهرها بیشتر است، لذا این موضوع، شناسایی دقیق این منابع انتشار را برای مدیران شهری حائز اهمیت کرده است. در این مقاله به مطالعه اثر ترکیبی انتشار منابع آلاینده‌های ناشی از حمل و نقل در مطالعه موردی بخشی از منطقه ۹ و قسمتی از منطقه ۲۱ کلانشهر تهران پرداخته می‌شود. بطوریکه فرودگاه مهرآباد بعنوان منبع انتشار حجمی، پایانه مسافربری بعنوان منبع انتشار سطحی و راه‌های این منطقه بعنوان منبع انتشار خطی در نظر گرفته شده‌اند. برای این مطالعه ابتدا ضرائب انتشار برای فرودگاه مهرآباد با استفاده از روش پیشنهادی ICAO بدست آمده است. برای مدلسازی پخش آلاینده‌ها در خیابان‌ها و پایانه غرب، ابتدا ضرائب انتشار با استفاده از مدل IVE بدست آمده است که این مدل برای ایران با چرخه رانندگی بدست آمده توسعه داده شده است. در ادامه با ضرائب انتشار بدست آمده برای فرودگاه، پایانه و راه‌های موردنظر، مدل پراکنش آلاینده‌ها با استفاده از سیستم مدلسازی پراکنش آلاینده‌های هوا (ADMS) بصورت ترکیب منابع انتشار بدست آمده است. در مجموع این مقاله با دو روش ترکیبی IVE-ADMS برای راه‌های و پایانه‌ها و نیز مدل ICAO-ADMS برای فرودگاه‌ها به مدلسازی می‌پردازد. نتایج نشان داد که نشر آلاینده SO_x بصورت غالب در فرودگاه مهرآباد اتفاق افتاده است. همچنین نشر انواع آلاینده‌ها در محدوده مورد مطالعه و تاثیر ۲۴ ساعته آن بر مناطق اطراف با مختصات جغرافیایی آن نمایش داده شده است.

کلمات کلیدی: آلاینده، انتشار، پایانه، فرودگاه، مدل پراکنش

۱. مقدمه

متوسط اتومبیل‌ها، وضعیت جغرافیایی، آب و هوای منطقه و غیره بستگی دارد. بر اساس ترازنامه‌ی انرژی کشور در سال ۸۸، بخش حمل و نقل با تولید ۴۹/۶ درصد از کل انتشار NO_x ، ۳۲/۴ درصد SO_2 ، ۲۴/۹ درصد NO_2 ، ۳۸/۹ درصد SO_3 ، ۹۶/۹ درصد CO ، ۷۸/۷ درصد HC و ۴۸ درصد ذرات معلق دارای بیشترین مقدار آلاینده‌ی در میان سایر بخش‌های انرژی کشور است [ترازنامه انرژی، ۱۳۸۸]. همچنین طبق تحقیقات سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا^۱ منابع آلاینده‌ی متحرک بیش از ۹۰ درصد CO و CO_2 هوای شهر را تشکیل می‌دهند.

تخمین زده شده است که آلودگی هوا سالانه موجب مرگ ۱/۳ میلیون نفر در جهان می‌شود. از این رو تلاش‌های زیادی در جهت کاهش آلودگی هوا ناشی از حمل و نقل در حال انجام است که شامل توسعه‌ی تکنولوژی خودرو، اصلاحات سوخت، بهینه سازی مدیریت ترافیک شهری و اجرای استانداردها و قوانین سختگیرانه می‌شود. مدیریت ترافیک شامل اعمال محدودیت‌های سرعت، بهینه سازی زمانبندی چراغ، ایجاد خطوط جداگانه، یکطرفه کردن جاده و غیره می‌شود. از این رو بخش عظیمی از محققین راه و ترابری و حمل و نقل به خصوص در سال‌های اخیر به مساله‌ی آلودگی هوای ناشی از حمل و نقل و کنترل هرچه زودتر آن پرداخته‌اند [Franco., et al, 2013].

علاوه بر راه‌ها و بزرگراه‌ها دیگر زیرساخت‌های راه و ترابری نیز در انتشار و پخش آلاینده‌های هوا نقش قابل توجهی دارند که می‌توان به فرودگاه‌ها اشاره نمود. امروزه با استفاده از سامانه‌های حمل و نقل هوایی و هواپیماهای پیشرفته، مدرن و راحت در کوتاهترین زمان، می‌توان مسافت‌های طولانی را طی کرد و از اقصی نقاط جهان دیدن نمود و اوقات فراغت بیشتری را با کاهش زمان پیمایش در مسافت‌ها به دست آورد. هواپیما انقلابی در صنعت حمل و نقل به وجود آورده، و آن را متنوع‌تر

رشد و توسعه‌ی شهرنشینی در جوامع مختلف پیامدهای منفی فراوانی را به دنبال داشته است. افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش تعداد وسایل نقلیه از نتایج رشد شهرنشینی است که باعث بروز مشکلاتی شده است. یکی از این مشکلات آلودگی هوا است که به طور محسوس در کلان شهرها خصوصاً تهران قابل مشاهده است. طبق تعریف انجمن مشترک مهندسين آلودگی هوا و کنترل آن، آلودگی هوا عبارتست از وجود یک یا چند آلاینده در هوای آزاد مانند گازها، بخارات، گرد و غبار، بو و دود غلیظ با کمیت، مشخصات و زمان ماند کافی که برای زندگی انسان، حیوان و گیاه خطرناک و برای اموال مضر باشد و یا بطور غیر قابل قبول مانع استفاده‌ی راحت از زندگی و اموال گردد. تردد وسایل نقلیه در راه‌ها و بزرگراه‌ها عامل اصلی نشر آلاینده‌ها محسوب می‌شود [Taghizadeh, S.A., Shafabakhsh, G., 2018].

مطالعات نشان داده است که پارامترهای زمان، هزینه و تسهیلات نقش مهمی در میزان استفاده هر یک از انواع وسایل نقلیه دارند [Khosravi., et al, 1397].

در حمل و نقل درون شهری، مهمترین منابع از نشر آلاینده‌های هوا، مربوط به تردد نقلیه موتوری در راه‌ها و بزرگراه‌ها بعنوان منبع خطی، پایانه‌های حمل و نقل درون شهری بعنوان منبع سطحی و همچنین فرودگاه‌ها بعنوان منبع حجمی انتشار آلاینده‌های هوا است. در بین منابع آلاینده‌ی هوا وسایل نقلیه‌ی موتوری در شبکه‌ی حمل و نقلی به عنوان منبع اصلی آلوده کننده‌ی هوا در بین سایر منابع آلاینده هوا شناخته شده است. بطوریکه وسایل نقلیه‌ی موتوری سهمی در حدود ۶۰ تا ۸۰ درصد از کل میزان آلاینده‌ها را به خود اختصاص داده است [Afandzadeh., Sh, Mostofi., K, 1384]. مقدار دقیق این رقم بستگی به حجم وسایل نقلیه، سرعت

ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

متأسفانه با عدم آگاهی از میزان و نحوه تولید و نشر آلاینده‌های ترافیکی در آینده که عمده‌ی سهم آلاینده‌گی مربوط به حمل و نقل است، نمی‌توان تصمیمی کلیدی و حیاتی برای مواجهه با آن اتخاذ نمود.

۲. مطالعات پیشین

آلودگی هوا یکی از مهمترین مشکلات جوامع بشری است و بسیاری از پایتخت‌های جهان مانند تهران در ایران، پکن در چین، قاهره در مصر، بغداد در عراق، داکا در بنگلادش و لیما در پرو، این را تجربه کرده‌اند. ۱۴ شهر از آلوده‌ترین شهرهای جهان در هند و کیفیت هوا در ۷۵٪ درصد از شهرهای چین بیش از معیارهای واجد شرایط کیفیت هوا در سال ۲۰۱۶ قرار گرفته‌اند، همچنین آلودگی دودمه در ۲۵ استان از این کشور سرایت کرده است [Guan, D., et al, 2014., Zhang, H., et al, 2016, and Peng, J., et al, 2018]. به طور کلی، پس از خاورمیانه، شمال آفریقا و آسیای جنوب شرقی به عنوان آلوده‌ترین مناطق در جهان محسوب می‌شوند. مطالعه سازمان بهداشت جهانی^۲ در مورد میزان ذرات معلق نشان داده است که ۹۰ درصد از جمعیت جهان در معرض آلودگی هوا هستند که باعث مرگ ۶ میلیون نفر در سال ۲۰۱۶ شده است. تهران، با جمعیتی بیش از ۸/۹ میلیون نفر، به طور مستقیم و مستمر با این مشکل حاد مواجه است. اگر چه مسئولیت حل مشکل آلودگی هوا بر دوش دولت است اما مطالعه‌ای در تهران نشان داده است که تمایل شهروندان تهران برای رفع این مشکل پرداخت ماهیانه ۴/۶ دلار است [Hadian, M., Razimoghadam, M., 2017]. در ایران مدیران ارشد و میانی، به شدت با این موضوع دچار معضل شده‌اند، اما متأسفانه با عدم وجود یک مدل مناسب برای مقابله با آن، مواجه هستند. برای درک بهتر معضل آلودگی هوا، محققان به بررسی محدودیت‌های ارزیابی‌ها و تخمین‌های فعلی در انتشار آلودگی هوا می‌پردازند [Fan, Y., et al, 2018]. بعنوان

کرده است. با وجود تسهیلات فوق، اثرات زیست محیطی این نوع حمل و نقل بسیار زیاد است چرا که مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها در این صنعت، زیاد است. بعلاوه فرودگاه‌ها که نقطه شروع و انتهای هر پرواز هستند در تولید و نشر آلاینده‌ها از سهم چشمگیری بعنوان منبع تولید آلاینده‌ها برخوردار است. فرودگاه‌ها یک مرکز جذب و تولید سفر هستند، بطوریکه مسافران باید برای رسیدن به فرودگاه از خودرو شخصی یا عمومی استفاده کنند. روزانه خودروهایی بسیاری برای مسافران فرودگاهی خدمات‌دهی می‌کنند که علاوه بر آلاینده‌هایی که مستقیماً مربوط به هواپیماها می‌شود این خودروها نیز نقش موثری در نشر آلاینده‌های هوا در محوطه فرودگاه خواهند داشت.

دیگر منبع انتشار آلاینده‌ها که حجم وسیعی از خودروها را در هم متمرکز می‌کند، پایانه‌های مسافربری است که عموماً در اطراف شهرها قرار دارند. اما غالباً در کلانشهرها خصوصاً تهران، در سطح شهر پراکنده شده‌اند که می‌توانند شدت آلاینده‌گی هوا را تحت تاثیر قرار دهند. پارامترهای مختلفی در میزان این نشر دخیل هستند که به آن پرداخته می‌شود. آنچه که مهم است شناسایی تاثیر هر کدام از این منابع در نشر آلاینده‌ها است تا بتوان برنامه‌ریزی دقیقی جهت کاهش این آلاینده‌ها انجام داد. با دانستن چگونگی تاثیر سامانه‌های حمل و نقل در انتشار آلاینده‌های هوا، می‌توان پیش‌بینی تقریباً دقیقی از انتشار آلودگی هوا در سالهای آتی بعمل آورد تا بتوان تصمیمات کلان در زمینه بهداشت حرفه‌ای و سلامت بشر را اتخاذ نمود. شایان ذکر است که هر نوع سامانه حمل و نقل در انتشار برخی از آلاینده‌ها تاثیر ویژه دارند، از این روی بررسی تمامی سامانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

شهر تهران با جمعیتی حدود ۸/۹ میلیون نفر و حدود ۱۴ میلیون سفر درون شهری بطور روزانه در سال ۱۳۹۵، از آلوده‌ترین کلانشهرهای جهان محسوب می‌شود [Taghizadeh, S.A., Shafabakhsh, G. (2018)

در جاده‌های شریانی مشهد و سپس با چرخه‌های رانندگی استاندارد در اروپا و ایالات متحده آمریکا مقایسه شد [Pouresmaeili, M., et al, 2017]. در مطالعه دیگری در ایران اثر حجم ترافیک و سرعت جریان متوسط انجام شده است. انتشار گازهای CO ، NO_x ، VOC ، PM و گاز گلخانه‌ای CO_2 در ساعات اوج و غیر اوج مدل‌سازی شده است [Shafabakhsh, GH., et al, 1393]. پیش از این، تأثیر برخی از پارامترهای ترافیکی بر انتشار آلاینده‌های هوا در مناطق شهری تهران در مقیاس جزء به کل مورد بررسی قرار گرفته است. محققین این مطالعه از یک شبیه‌سازی در شبکه عصبی استفاده کرده‌اند و در نهایت با تحلیل مونت کارلو برآوردی از هزینه وسایل نقلیه داشته‌اند [Arhami, M., et al, 2013]. در سال ۲۰۰۸، با استفاده از یک دینامومتر شاسی، در مطالعه‌ای در مورد انتشار خودرو و مصرف سوخت در بانکوک، سه پارامتر ترافیکی شامل سرعت متوسط زمانی، تعداد میکرو سفرها و تعداد ریزه‌های زمان میکرو سفرها در نظر گرفته شده است. آنها چرخه رانندگی برای بانکوک را توسعه داده‌اند و میزان انتشار CO ، CO_2 ، NO_x و HC در خودرو را برآورد کرده‌اند. آنها همچنین تغییرات زیادی در افزایش سرعت انتشار و نرخ مصرف سوخت نشان داده‌اند [Nutramon, T., Supachart, C., 2009].

پیش‌بینی آلودگی هوا در جهان واقعی چالش برانگیز است. بعلاوه اندازه‌گیری داده‌های میدانی برای تمام دولت‌ها و سازمان‌ها وقت‌گیر و پرهزینه نیز است. روش شبکه عصبی روشی مناسب برای پیش‌بینی انتشار آلودگی هوا است. تحقیقی در لهستان، با استفاده از شبکه عصبی به پیش‌بینی دقیق غلظت ذرات معلق پرداخته شده است. آنها مقادیر اندازه‌گیری داده‌ها را به داده‌های مدل شده مقایسه کرده و دقت کلی پیش‌بینی را با استفاده از این روش با غلظت میدانی نشان داده‌اند [Siwek, K., Osowski, S., 2012]. در یک مطالعه مشابه در چین با استفاده از یک تحلیل هزینه سود، تأثیر ۵ سناریوی پیشنهادی

فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل / سال چهاردهم / شماره سوم (۵۶) / بهار ۱۴۰۲

نمونه در یک مطالعه در شنیانگ چین نشان می‌دهد که حمل و نقل عمومی و تغییر در ویژگی‌ها و ساختار سوخت می‌تواند کمک قابل توجهی به کاهش آلودگی هوا نماید [Geng, Y., et al, 2013]. مطالعه دیگری در پکن پایتخت چین به ارزیابی قانون طرح تردد زوج و فرد پرداخته شده است [Xie, X., 2017]. همچنین لندن نیز در دو دهه گذشته یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان بوده است، اما در سال ۲۰۱۷، مشکل آلودگی هوا در این شهر برطرف شده است. این موضوع نشان از اهمیت شناخت و ارزیابی دقیق آلودگی فعلی هوا دارد.

تمامی پارامترهای ترافیکی بر انتشار آلودگی هوا اثر می‌گذارند. در سال ۲۰۱۸ اثر تقاطعات چراغدار به عنوان یک پارامتر ترافیکی بر انتشار آلودگی هوا در نجف‌آباد یکی دیگر از شهرهای ایران مورد بررسی قرار گرفته است. حجم ترافیک و سرعت لحظه‌ای در یک تقاطع چراغدار در نرم‌افزار IVE^۳ مدل‌سازی شده و سپس داده‌های میدانی اعتبارسنجی شده است. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، آنالیز حساسیت بین داده‌های اندازه‌گیری شده میدانی و داده‌های مدل شده در IVE، بر روی تأثیر یک تقاطع چراغدار بر نشر آلاینده‌های هوا مورد بررسی قرار گرفت. این مدل نشان داد که مدل IVE مناسب برای انتشار خودرو در ایران است [Shafabakhsh, Gh., et al, 2018]. در یکی دیگر از تحقیقات، تأثیر تکنولوژی وسایل

نقلیه و سن ناوگان حمل و نقل جاده‌ای در ساری، یکی دیگر از شهرهای ایران، انجام شده است. از ۷ سناریوی ممکن برای مطالعه و ارزیابی تولید و انتشار آلاینده‌ها استفاده کرده‌اند. در نهایت آنها به مقایسه تأثیر ۷ سناریوی پیشنهادی با وضعیت فعلی در تأثیر تکنولوژی و سن ناوگان حمل و نقل پرداختند [Taghizadeh, S.A., Shafabakhsh, G., 2018]. یکی از پارامترهای مهم دیگر در انتشار آلاینده‌ها از خودرو، چرخه رانندگی است. در سال ۲۰۱۷، یک مطالعه برای درک چرخه رانندگی و تأثیر آن در نشر آلاینده‌های هوا بر بزرگراه‌های شهری در شهر مشهد انجام شد. در این مطالعه، چرخه رانندگی

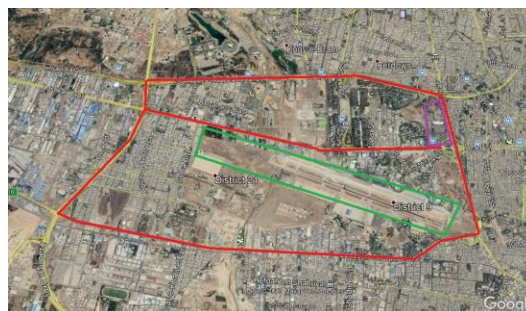
ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

در این مقاله سعی می‌شود تا با مدلسازی نشر آلاینده‌های هوا ناشی از سیستم‌های حمل و نقل در کلانشهر تهران با توجه به شاخصه‌های ترافیک و حمل و نقل موجود مدلی برای پهنه‌بندی آلودگی هوای منتشره از این سیستم‌ها بدست آورد تا بتوان با الگوی موجود و مدل بدست آمده پیش‌بینی از میزان و نحوه انتشار این آلاینده‌ها را ارائه نمود. در شکل (۲) روند انجام تحقیق مشاهده می‌شود. برای این منظور از ترکیب مدل های IVE و ICAO^۱ با ADMS^۲ استفاده شده است. بطوریکه برای مدلسازی انتشار راه‌ها و پایانه‌ها ابتدا نرخ انتشار با استفاده از مدل IVE و پارامترهای لازم محاسبه شده و با اعمال این ضرائب در مدل ADMS پراکنش آلاینده‌ها در منطقه مورد مطالعه بدست خواهد آمد و همچنین برای نمایش نحوه پراکنش آلاینده‌های تولید شده در فرودگاه ابتدا نرخ انتشار با استفاده از مدل پیشنهادی ICAO تخمین زده می‌شود و در نهایت با اعمال نرخ‌های انتشار در مدل ADMS مدل پراکنش آلاینده‌ها بدست می‌آید. تمامی مراحل فوق و پارامترهای لازم در شکل (۲) نمایش داده شده است.

کاهش انتشار، مورد بررسی قرار گرفته است و هزینه بهره برداری از این سناریوهای کاهش تا سال ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفته است [Liu, y., et al, 2013].

۳. مدلسازی

همانطور که قبلاً بیان گردید، منابع انتشار به ۴ صورت نقطه‌ای، خطی، سطحی و حجمی تقسیم‌بندی می‌گردند. برای شناخت بهتر تاثیر ترکیبی منابع انتشار در کلانشهر تهران، در این مقاله به مطالعه اثر ترکیبی انتشار منابع آلاینده‌های ناشی از حمل و نقل در بخشی از منطقه ۹ و قسمتی از منطقه ۲۱ کلانشهر تهران پرداخته می‌شود. باید توجه داشت تمرکز این مطالعه بر انتشار آلاینده‌ها است و موضوع غلظت آلاینده‌ها نیز میتواند در مطالعه ای برای مناطق مورد نظر بررسی گردد. در این مطالعه ابتدا فرودگاه بین‌المللی مهرآباد بعنوان منابع انتشار آلاینده از نوع منابع حجمی، بخشی از بزرگراه‌های جناح، لشگری، شیخ فضل‌الله، آزادگان، اتوبان و جاده تهران - کرج از خیابان‌های تهران از نوع منابع انتشار خطی و پایانه غرب بعنوان منابع انتشار حمل و نقلی از نوع سطحی بررسی می‌شوند که در شکل (۱) نمایش داده شده‌اند. لازم به توضیح است خطوط قرمز رنگ معرف منابع خطی یعنی راه‌ها و خطوط بنفش نشان دهنده منبع سطحی یعنی پایانه مسافربری و خطوط سبز رنگ معرف منبع حجمی یعنی فرودگاه است. همچنین از اثر جریان ترافیک در خیابان‌های محلی صرف نظر شده است.

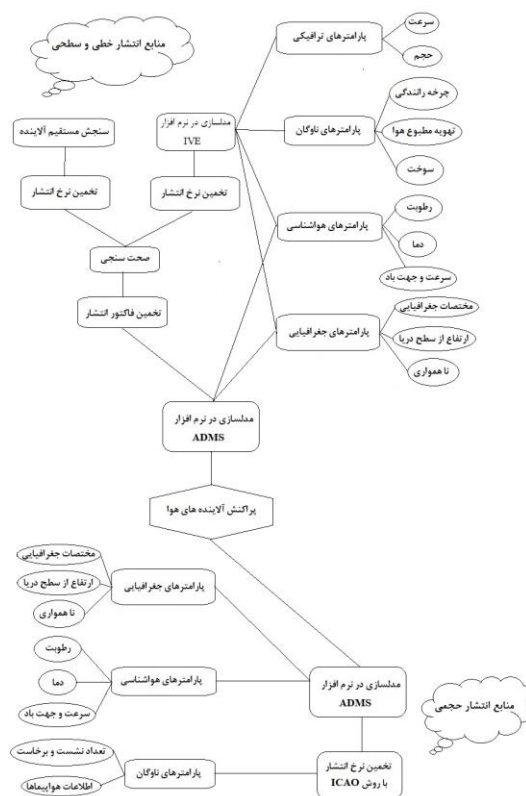


شکل ۱. محدوده مورد مطالعه اثر ترکیبی منابع انتشار

۱۳۹۰ است. یکی دیگر از اهداف مهم این مطالعه کشف و بررسی سهم TIM^۷ها در انتشار آلاینده‌های هوا برای توسعه یک مدل پراکنده‌گی در این فرودگاه‌ها است. لازم به ذکر است که این مطالعه می‌تواند توسط دولت و سایر محققین برای سازماندهی برنامه‌های ممکن برای کنترل آلودگی هوا یا انجام تحقیقات بیشتر مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱. تعداد نشست و برخاست فرودگاه بین‌المللی مهرآباد

سال	نشست و برخاست
۱۳۹۰	۱۰۸۵۵۳
۱۳۹۱	۱۰۸۲۹۱
۱۳۹۲	۱۰۸۶۱۴
۱۳۹۳	۱۰۹۹۸۱
۱۳۹۴	۱۱۴۱۳۴
۱۳۹۵	۱۳۳۸۶۳



شکل ۲. روند انجام تحقیق

۱-۳ فرودگاه

۱-۳-۱ اندازه‌گیری میزان انتشارات فرودگاه‌ها

تا ۷۰ درصد از انتشار آلاینده‌های هوا در یک فرودگاه در چرخه LTO ثبت شده است [Norton, T.M., 2014]. چهار حالت؛ فرود، تاکسی کردن، بلند شدن و اوج گرفتن، برای محاسبه میزان آلودگی فرودگاه‌ها برای یک چرخه LTO در ارتفاع ۳۰۰۰ فوتی استفاده می‌شود. در این مطالعه، زمان در هر حالت زمان سمد^۳ با استفاده از چرخه LTO به ترتیب ۴، ۰/۷، ۲/۲ و ۲۰ دقیقه برای فرود، اوج گرفتن و حالت بلند شدن و در مورد حالت تاکسی، در نظر گرفته شده‌اند. زمان‌های تاکسی با توجه به سوابق روزانه فرودگاه بین‌المللی مهرآباد و مصاحبه‌ها با چندین خلبان برآورد شده است. چرخه LTO در شکل (۳) نشان داده شده است [Kesgin, U., 2006].

فرودگاه بین‌المللی مهرآباد، نامی که از روستای مهرآباد در آن منطقه به دست آمده است، در سال ۱۹۳۸ ساخته شده و در غرب تهران واقع شده است. در حال حاضر، تمام پروازهای داخلی توسط این فرودگاه سرویس‌دهی می‌شوند. بنابراین، فرودگاه بین‌المللی مهرآباد به عنوان شلوغ‌ترین فرودگاه در ایران شناخته شده است و بیش از ۱۶ میلیون مسافر در سال حمل می‌شود. تعداد پرواز در فرودگاه‌های بین‌المللی مهرآباد طی سالهای ۱۳۹۵-۱۳۹۰ در جدول (۱) نشان داده شده است. این داده‌ها توسط سازمان فرودگاه‌های کشور ثبت شده است. لازم به ذکر است انواع مختلفی از هواپیما در حال ارائه خدمات در این فرودگاه هستند. بنابراین، هدف از این مقاله در این بخش، تخمین تولید و انتشار آلاینده‌های هوایی در چرخه LTO^۷ در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد در طول سال‌های ۱۳۹۵-

مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-

ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

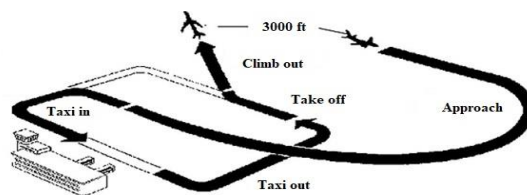
است. در این مطالعه، نرخ انتشار هر آلاینده‌ها به صورت جداگانه محاسبه شده است.

۳-۱-۳ داده‌های هواشناسی

اطلاعات هواشناسی شامل میانگین ماهانه داده‌های هواشناسی از سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰، جمع‌آوری شده از سازمان هواشناسی ایران است. این داده‌ها شامل سرعت باد، جهت باد، دما و رطوبت می‌شود. در این مطالعه، میانگین سرعت ماهانه سرعت باد، جهت باد و رطوبت برای هر سال از سال ۱۳۹۵-۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین سرعت باد در کنار دما و رطوبت در جدول (۲) و شکل (۴) الی (۶) ذکر شده است. جهت و سرعت باد غالب در دوره ۵۰ سال گذشته در ایستگاه مهرآباد تهران نیز در شکل (۷) نشان داده شده است.

جدول ۲. میانگین داده‌های هواشناسی در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰

سال	ماه	سرعت باد (m/s)	رطوبت %	دما
۲۰۱۱	ژانویه	۲,۰۲۸۲	۵۹,۴۱۹۴	۴,۰۸۷۱
	فوریه	۳,۶۲۵۰	۴۹,۱۶۰۷	۶,۲۶۴۳
	مارس	۲,۸۹۱۱	۴۴,۷۵۴۰	۱۰,۵۷۷۴
	آوریل	۳,۸۷۹۱	۲۶,۹۵۴۲	۱۸,۸۴۶۷
	مه	۳,۹۵۱۶	۲۷,۸۶۶۹	۲۳,۸۸۰۶
	ژوئن	۳,۸۲۰۸	۱۸,۸۲۹۲	۳۰,۰۹۶۷
	ژوئیه	۳,۲۹۸۴	۱۷,۱۱۲۹	۳۲,۱۸۳۹
	اوت	۳,۱۶۵۳	۲۶,۴۹۱۹	۳۰,۰۰۰۰
	سپتامبر	۲,۶۵۰۰	۲۴,۳۶۲۵	۲۵,۹۴۶۷
	اکتبر	۳,۱۴۱۱	۳۴,۶۰۰۸	۱۸,۳۲۹۰
	نوامبر	۲,۳۰۰۰	۶۶,۱۲۹۲	۷,۵۴۶۶
	دسامبر	۱,۸۵۸۹	۵۴,۰۴۰۳	۵,۰۵۴۸
۲۰۱۲	ژانویه	۲,۷۷۰۱	۴۹,۹۷۹۸	۴,۴۸۷۱
	فوریه	۲,۹۳۵۳	۵۲,۱۹۸۳	۳,۷۱۷۲
	مارس	۲,۱۰۹۱	۴۴,۷۵۴۰	۹,۰۷۷۴
	آوریل	۳,۴۸۳۴	۳۸,۱۵۸۳	۱۸,۱۲۶۷



شکل ۳. چرخه نشست و برخاست (LTO) Kesgin, [U., 2006

۳-۱-۲ روش ایکائو

ایکائو سه روش برای ارزیابی انتشار هواپیما دارد: روش ساده، روش پیشرفته و روش پیچیده.

روش ساده ایکائو از رایج‌ترین نوع موتور هواپیما در پروازهای بین‌المللی بر اساس نوع هواپیما استفاده می‌کند. آلاینده‌های منتشر شده بر اساس کیلوگرم بیان می‌شوند، در هر چرخه LTO:

$$(1) \quad \text{انتشار آلاینده‌ها (کیلوگرم)} = \Sigma N * EF$$

N : تعداد چرخه LTO

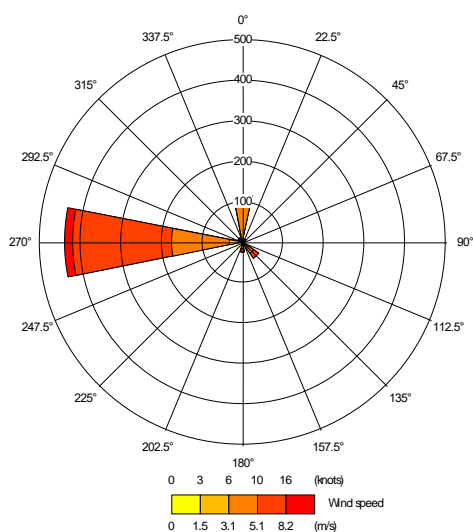
EF : فاکتور انتشار

این روش بر اساس نوع موتور رایج هواپیما، نرخ انتشار را برای هر نوع هواپیما و با استفاده از ICAO TIM، جریان سوخت، تنظیمات نیروی رانشی و دیگر مفروضات اساسی محاسبه می‌نماید. بنابراین عدم اطمینان زیادی در محاسبه تولید گازهای گلخانه‌ای در این روش وجود دارد.

برای عملکرد هواپیما، مصرف سوخت و فاکتورهای انتشار نیز با استفاده از پایگاه داده موتور ICAO محاسبه می‌شود. روش پیشرفته ایکائو، قادر به محاسبه انتشار SO_2 نیست. بنابراین، در این مقاله، روش پیشرفته برای اندازه‌گیری ضرایب انتشار NO_x ، HC و CO و از روش ساده برای محاسبه ضرایب انتشار SO_2 استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که فاکتور انتشاری که برای هر نوع موتور هواپیمایی در هر دو روش ساده و پیشرفته استفاده می‌شود، یکسان است. با این حال، تنها تفاوت بین این دو روش، استفاده از TIM‌های متفاوت است که در روش پیشرفته بر خلاف روش ساده قابل استفاده و تغییر

سال	ماه	سرعت باد (m/s)	رطوبت %	دما	سال	ماه	سرعت باد (m/s)	رطوبت %	دما
۲۰۱۵	دسامبر	۲,۲۳۳۹	۵۳,۱۰۲۰	۴,۵۶۳۹	۲۰۱۳	مه	۴,۱۳۳۱	۲۵,۷۱۲۹	۲۴,۳۲۹۰
	ژانویه	۲,۶۸۹۰	۴۲,۲۰۹۷	۷,۰۰۳۲		ژوئن	۳,۲۶۲۵	۲۱,۳۹۱۷	۲۸,۲۰۶۷
	فوریه	۲,۸۸۴۶	۴۷,۳۲۵۹	۸,۲۷۸۶		ژوئیه	۳,۱۴۹۱	۲۲,۵۴۰۳	۳۰,۶۱۷۴
	مارس	۳,۷۲۳۵	۴۱,۸۳۷۶	۱۱,۴۹۳۵		اوت	۲,۶۸۵۴	۱۷,۹۵۵۶	۳۰,۸۴۱۹
	آوریل	۴,۰۴۴۶	۲۲,۷۵۹۵	۱۹,۲۴۳۳		سپتامبر	۲,۷۲۵۰	۲۴,۴۴۵۸	۲۵,۸۶۶۷
	مه	۳,۹۶۷۷	۲۰,۳۵۰۲	۲۶,۹۲۸۲		اکتبر	۳,۰۵۶۴	۳۳,۴۳۹۵	۱۹,۶۰۰۰
	ژوئن	۳,۳۲۸۶	۱۵,۷۷۹۲	۲۹,۹۱۰۹		نوامبر	۲,۱۳۳۳	۵۲,۶۷۰۸	۱۲,۴۰۶۷
	ژوئیه	۳,۹۴۸۳	۱۹,۳۰۰۱	۳۱,۷۱۲۹		دسامبر	۲,۲۲۵۸	۶۴,۴۷۵۸	۵,۹۲۹۰
	اوت	۴,۰۰۰۹	۲۱,۶۳۳۱	۳۰,۴۰۹۷		ژانویه	۲,۷۹۰۳	۴۵,۴۷۵۸	۶,۱۰۳۲
	سپتامبر	۲,۶۹۲۳	۲۶,۴۹۱۷	۲۵,۳۶۶۷		فوریه	۳,۰۲۶۷	۴۳,۰۰۸۹	۸,۹۰۳۵
	اکتبر	۲,۹۱۸۸	۳۰,۴۲۹۰	۲۳,۲۳۶۶		مارس	۳,۷۵۰۰	۳۴,۶۳۳۱	۱۳,۵۳۳۳
	نوامبر	۲,۳۹۵۴	۴۹,۸۱۲۵	۱۰,۴۶۶۷		آوریل	۳,۴۹۱۶	۲۹,۸۷۰۸	۱۸,۱۷۶۷
دسامبر	۲,۱۰۰۸	۶۱,۹۴۳۶	۴,۹۷۱۰	مه	۴,۱۶۹۳	۲۷,۲۸۶۳	۲۲,۲۹۶۸		
۲۰۱۶	ژانویه	۲,۸۳۴۷	۴۶,۳۱۴۵	۶,۹۱۲۹	ژوئن	۳,۹۰۰۰	۲۰,۳۸۳۳	۲۸,۳۵۶۷	
	فوریه	۳,۰۰۵۶	۳۷,۲۳۲۸	۹,۳۸۱۷	ژوئیه	۳,۴۲۳۴	۲۱,۸۰۶۵	۳۱,۵۹۶۸	
	مارس	۴,۳۳۰۷	۴۰,۰۳۷۸	۱۳,۴۷۷۴	اوت	۳,۱۹۷۶	۲۳,۷۲۱۸	۲۹,۳۴۱۹	
	آوریل	۳,۷۹۷۶	۳۶,۲۹۷۶	۱۷,۴۴۷۶	سپتامبر	۳,۱۱۲۵	۱۸,۳۷۹۲	۲۷,۴۱۳۳	
	مه	۴,۲۷۸۴	۲۵,۹۲۳۴	۲۳,۵۹۹۰	اکتبر	۲,۷۹۴۴	۳۱,۷۳۷۹	۱۸,۵۱۲۹	
	ژوئن	۳,۱۲۹۴	۱۹,۲۲۰۸	۲۸,۶۹۶۷	نوامبر	۲,۱۲۰۸	۵۲,۳۳۳۳	۱۲,۴۸۰۰	
	ژوئیه	۳,۳۷۵۰	۲۲,۲۵۸۱	۳۱,۵۳۸۷	دسامبر	۲,۷۷۴۲	۴۹,۵۱۶۱	۴,۹۹۶۷	
	اوت	۲,۵۸۸۷	۱۸,۴۰۳۲	۳۰,۰۱۲۹	ژانویه	۲,۸۹۵۶	۵۳,۹۳۴۹	۵,۳۲۵۸	
	سپتامبر	۳,۴۰۴۲	۲۱,۸۲۹۲	۲۷,۴۳۵۶	فوریه	۲,۶۳۶۱	۴۵,۰۰۰۰	۵,۲۸۲۱	
	اکتبر	۲,۴۱۹۳	۲۸,۱۶۱۳	۱۹,۳۷۴۲	مارس	۴,۰۶۱۶	۳۷,۶۴۳۴	۱۲,۲۸۳۹	
	نوامبر	۲,۲۰۰۰	۴۰,۹۵۰۰	۱۵,۳۹۴۰	آوریل	۳,۹۰۸۳	۳۲,۵۹۱۷	۱۷,۵۸۲۱	
	دسامبر	۲,۴۲۲۲	۵۵,۳۴۲۷	۶,۳۰۳۲	مه	۴,۶۵۷۱	۲۵,۳۹۰۷	۲۴,۵۲۹۰	
۲۰۱۴	ژانویه	۲,۸۳۴۷	۴۶,۳۱۴۵	۶,۹۱۲۹	ژوئن	۳,۴۸۹۱	۱۸,۷۰۲۴	۲۹,۵۷۶۷	
	فوریه	۳,۰۰۵۶	۳۷,۲۳۲۸	۹,۳۸۱۷	ژوئیه	۳,۴۰۷۲	۱۹,۲۷۰۲	۳۲,۳۱۰۲	
	مارس	۴,۳۳۰۷	۴۰,۰۳۷۸	۱۳,۴۷۷۴	اوت	۳,۱۱۶۹	۱۶,۲۸۲۳	۳۱,۳۹۶۷	
	آوریل	۳,۷۹۷۶	۳۶,۲۹۷۶	۱۷,۴۴۷۶	سپتامبر	۳,۰۵۸۳	۱۹,۳۷۰۸	۲۷,۸۶۶۷	
	مه	۴,۲۷۸۴	۲۵,۹۲۳۴	۲۳,۵۹۹۰	اکتبر	۳,۴۱۵۳	۲۵,۴۷۸۲	۲۵,۳۹۵۶	
	ژوئن	۳,۱۲۹۴	۱۹,۲۲۰۸	۲۸,۶۹۶۷	نوامبر	۲,۲۸۱۰	۴۹,۳۶۶۷	۹,۷۰۶۷	
	ژوئیه	۳,۳۷۵۰	۲۲,۲۵۸۱	۳۱,۵۳۸۷					
	اوت	۲,۵۸۸۷	۱۸,۴۰۳۲	۳۰,۰۱۲۹					
	سپتامبر	۳,۴۰۴۲	۲۱,۸۲۹۲	۲۷,۴۳۵۶					
	اکتبر	۲,۴۱۹۳	۲۸,۱۶۱۳	۱۹,۳۷۴۲					
	نوامبر	۲,۲۰۰۰	۴۰,۹۵۰۰	۱۵,۳۹۴۰					
	دسامبر	۲,۴۲۲۲	۵۵,۳۴۲۷	۶,۳۰۳۲					

ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

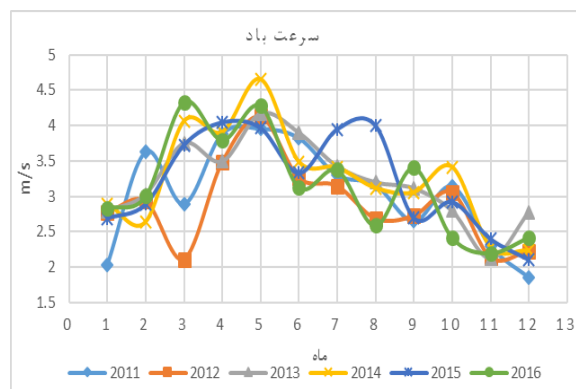


شکل ۷. جهت و سرعت باد غالب در ایستگاه

هواشناسی فرودگاه مهرآباد در دوره ۵۰ ساله

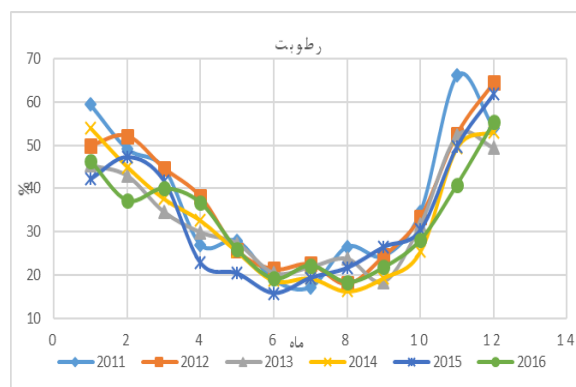
۳-۱-۴ اطلاعات پروازی

انواع مختلفی از هواپیما در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد^۷ نشست و برخاست می‌کنند. معمولاً در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد هواپیماهای کوچکتری نسبت به فرودگاه بین‌المللی امام خمینی در تهران، نشست و برخاست دارند. درصد انواع مختلف هواپیما توسط فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سالهای ۱۳۹۵-۱۳۹۰ با توجه به این واقعیت که تمامی پروازهای بین‌المللی از محدودیت برخی هواپیماها مانند F-100، بین سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۵ بین انواع هواپیماهای فرودگاه بین‌المللی مهرآباد دیده می‌شود. در شکل‌های (۸) سهم هریک هواپیماها نشان داده شده است. در جدول (۳) هواپیماها با نام مخفف معرفی می‌شوند.

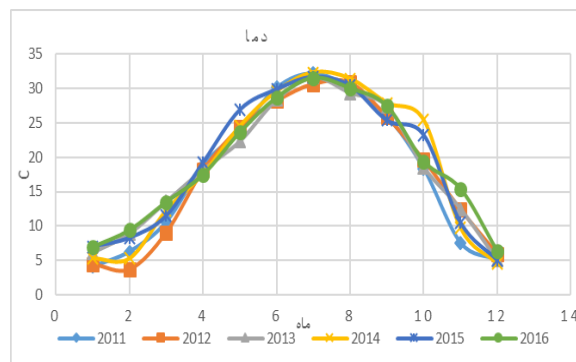


شکل ۴. میانگین ماهیانه سرعت باد در سال ۱۳۹۵-

۱۳۹۰



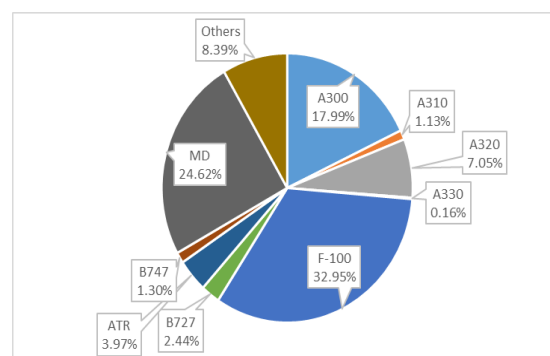
شکل ۵. میانگین ماهیانه رطوبت در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۰



شکل ۶. میانگین ماهیانه دما در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۰

همانطور که در شکل (۵) و (۶) دیده می‌شود، در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰، تغییرات نسبتاً مشابهی در دما و رطوبت مشاهده شده است. با این حال، سرعت باد که به طور چشمگیری در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ تغییر یافت، به عنوان مهم‌ترین پارامتر موثر بر پراکنش آلاینده‌ها در نظر گرفته شد.

شده است. پس از محاسبه فاکتورهای انتشار و غلظت انتشار در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد، نتایج نشان می‌دهد که بالاترین میزان کل انتشار ۲۷۱۸/۴۷ تن در سال ۱۳۹۵ در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد بوده است، میزان انتشار CO ، NO_x ، HC و SO_2 در جدول (۴) برای فرودگاه بین‌المللی مهرآباد در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ نشان داده شده است. میزان انتشار این فرودگاه نیز در شکل (۹) مقایسه شده است. نتایج نشان داد که میزان LTO در سال ۱۳۹۵ به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و در نتیجه میزان رشد آلاینده‌ها را افزایش می‌دهد. این بدین معنی است که انتشار آلاینده‌ها در فرودگاه‌ها به طور قابل توجهی با افزایش تعداد چرخه LTO تحت تاثیر قرار گرفته است. مجموع کل انتشار آلاینده‌ها به همراه تغییراتی که طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ داشته‌اند، در شکل (۱۰) نشان داده شده است. همانطور که در شکل (۱۰) دیده می‌شود، با رگرسیون خطی بین تعداد پرواز و نرخ انتشار و همچنین محاسبه ضریب R^2 اطمینان از این داده‌ها حاصل گشته است. در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد ضریب R^2 برای HC نسبتاً مناسب بوده است (۰/۵۷۵) و در مورد سایر انتشارات، مقادیر R^2 خوبی محاسبه شده است. علاوه بر این، سهم هر TIM در نشر HC ، CO ، NO_x همراه با تولید کل انتشار در شکل (۱۱) الی (۱۴) نشان داده شده است.



شکل ۸. سهم انواع هواپیما در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد

جدول ۳. معرفی هواپیماها با نام مخفف

نام مخفف	هواپیما
A300	Airbus 300-XXX
A310	Airbus 310
A320	Airbus 320
A330	Airbus 330-X00
A340	Airbus 340-X00
B727	Boeing 727-XXX
B737	Boeing 737-X00
B747	Boeing 747-XXX
B757	Boeing 757-X00
B767	Boeing 767-X00
B777	Boeing 777
MD	McDonnell Douglas
دیگر	ATR, British Aerospace, Foker, Dassault Falcon, Embraer, Hawker,

۳-۱-۵ نتایج و بحث

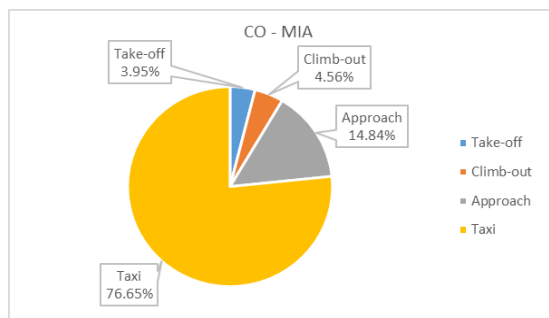
پس از اینکه فاکتورهای انتشار در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد محاسبه شده است، غلظت انتشار در این فرودگاه تخمین زده

جدول ۴. میزان انتشار مجموع آلاینده‌ها به تفکیک برای فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰

سال	CO (ton/year)	NO _x (ton/year)	HC (ton/year)	SO ₂ (ton/year)	کل (ton/year)
۱۳۹۰	۱۲۹۶/۲۴	۷۲۲/۹۱	۲۷۷/۹۹	۳۸/۲۷	۲۳۳۵/۴۱
۱۳۹۱	۱۳۶۰/۱۸	۷۴۵/۴۷	۳۰۲/۴۳	۳۹/۹۸	۲۴۴۸/۰۶
۱۳۹۲	۱۲۳۵/۷۱	۶۹۰/۸۲	۲۷۵/۷۹	۳۴/۴۳	۲۲۳۶/۷۵
۱۳۹۳	۱۲۶۳/۶۸	۷۰۱/۲۷	۲۷۲/۱۰	۳۳/۰۷	۲۲۷۴/۱۲
۱۳۹۴	۱۲۷۶/۱۸	۷۱۱/۵۶	۲۵۸/۱۵	۳۷/۹۹	۲۲۸۳/۸۸
۱۳۹۵	۱۵۴۳/۸۴	۸۱۱/۰۸	۳۱۹/۴۱	۴۴/۱۴	۲۷۱۸/۴۷

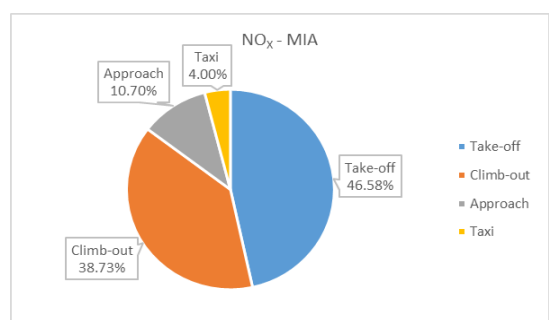
مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-

مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-
 مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-
 مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-



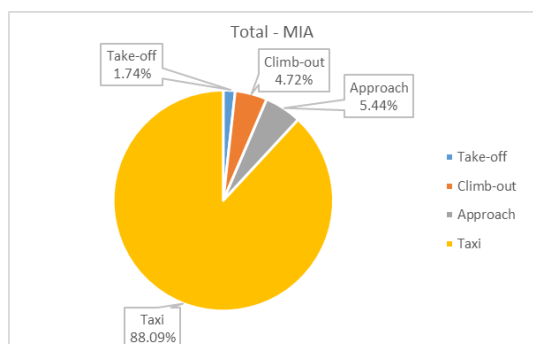
شکل ۱۲. سهم انتشار آلاینده HC در TIMs برای

فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵



شکل ۱۳. سهم انتشار آلاینده NOx در TIMs برای

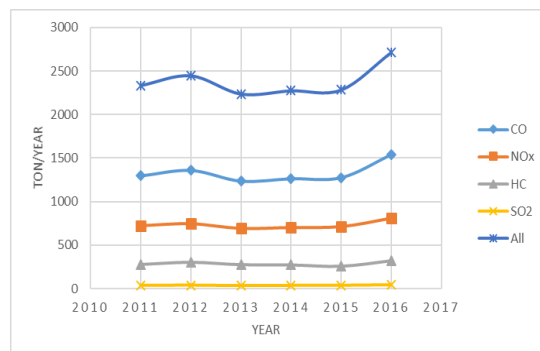
فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵



شکل ۱۴. سهم انتشار مجموع آلاینده در TIMs برای

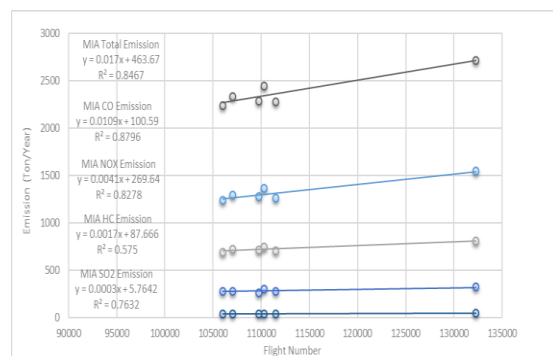
فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵

بر اساس نتایج، بیشترین میزان انتشار HC، ۶۷/۴۶ درصد متعلق به حالت تاکسی بوده است. بعد از حالت تاکسی بالاترین میزان انتشار HC، ۱۷/۷۸ درصد برای حالت فرود بوده است. علاوه بر این، بیشترین میزان انتشار CO در حالت‌های تاکسی اتفاق می‌افتد و ۷۶/۶۵ درصد از مجموع انتشار آلاینده CO، بوده است و بعد از حالت تاکسی بیشترین



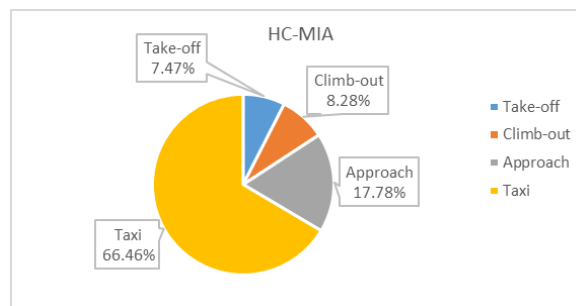
شکل ۹. مقایسه میزان انتشار مجموع آلاینده‌ها برای

فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵



شکل ۱۰. مقایسه و تغییر میزان مجموع انتشار آلاینده‌ها

برای فرودگاه بین‌المللی مهرآباد



شکل ۱۱. سهم انتشار آلاینده HC در TIMs برای

فرودگاه بین‌المللی مهرآباد طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵

۲-۲-۳ چرخه رانندگی

چرخه رانندگی پارامتر مهم دیگری در مدلسازی است. چرخه رانندگی تغییر شتاب و سرعت خودرو در طول زمان رانندگی است. چرخه رانندگی به چهار دسته مختلف تقسیم می‌شود [Taghizadeh, S.A., Shafabakhsh, G., 2018]. چرخه رانندگی نتیجه فرهنگ رانندگی و حجم ترافیک است. مدل IVE از یک عامل رانندگی مرتبط با نوع و سبک رانندگی همراه با قدرت خاص خودرو (VSP) و استرس موتور استفاده می‌کند. VSP مربوط به سرعت لحظه‌ای، شیب، وزن وسیله نقلیه، تراکم هوا و غیره است. معادله (۲)، VSP را برای وسایل نقلیه سبک در IVE تعیین می‌کند.

$$VSP = \quad (2)$$

$$V*[1.1a+9.81(a*\tan(\sin(\text{grade}))) + 0.132] + 0.000302*V^3$$

Where, V: velocity (m/s), a: acceleration (m/s²) and grade: slope of the road (%).

لازم به توضیح است که معادله (۲) در شرایط آزمایشگاهی بدست آمده است. بطوریکه در یک اتاق با نصب دستگاه سنجش آلاینده بر روی آگروز خودرو مورد مطالعه، خودرو در شتاب‌ها و تنش‌های مختلفی قرار گرفته و میزان نشر انواع آلاینده‌ها در تنش‌های مختلف ثبت می‌شود. در نهایت این معادله توسعه داده شده است. در IVE ۶۰ شاخص متفاوت برای قدرت و تنش موتور مورد توجه قرار گرفته است. با تعیین این پارامترها در یک دوره زمانی، درصد ناوگان در هر یک از این شاخص‌ها تعیین می‌شود. در جدول (۳-۱۲) تنش موتور در سناریوهای مختلف نمایش داده می‌شود. در این مطالعه چرخه رانندگی مشهد به عنوان یک چرخه رانندگی در تهران مورد استفاده قرار گرفته است [Poursmaeili, M., et al, 2017]. مجموعه‌ای از قوانین ترافیکی، سیاست طراحی هندسی بزرگراه، وسایل نقلیه و رفتار و فرهنگ رانندگی رانندگان باعث انتخاب این چرخه رانندگی شده است.

انتشار در حالت فرود به میزان ۱۴/۸۴ درصد از میزان مجموع انتشار CO بوده است. بر خلاف HC و CO، در حالت‌های بلند شدن و اوج، بیشترین میزان نشر NO_x اتفاق افتاده است. بطوریکه به ترتیب ۶۷/۵۴ درصد از مجموع کل در LTO، انتشار داشته‌اند. در مورد انتشار کل LTO، حالت تاکسی نسبت به حالت‌های دیگر بیشتر بوده است، زیرا که زمان بیشتری در حالت تاکسی صرف شده است. انتشار LTO در حالت تاکسی ۸۷/۰۹ درصد بوده است. دومین بخش از بیشترین نشر آلاینده در LTO برای حالت فرود به میزان ۵/۴۴ درصد بوده است. سومین بخش از نشر آلاینده‌ها در LTO در فرودگاه بین‌المللی مهرآباد برای حالت اوج و به میزان ۴/۷۲ درصد بوده است. این تفاوت مربوط به انواع مختلف هواپیمایی است که در این فرودگاه‌ها نشست و برخاست کرده است. کوچکترین قسمت پراکندگی آلاینده در حالت بلند شدن و به ترتیب ۱/۷۴ درصد تخمین زده شده است.

۲-۳ راه‌ها

همانطور که می‌دانیم خودروها در راه‌ها، عامل اصلی انتشار آلاینده‌ها هستند بطوریکه شماره‌گذاری وسایل نقلیه تهران به طور متوسط ۴۶۰,۰۰۰ فقره در سال افزایش یافته است^۴ که در جدول (۵) نشان داده شده است. برای بررسی اثر راه‌ها بعنوان منابع خطی انتشار آلاینده‌های هوا ابتدا به تاثیر پارامترهای موثر ترافیکی پرداخته می‌شود.

۱-۲-۳ سرعت

یکی دیگر از پارامترهای مهم در مدلسازی به روش IVE سرعت است. سرعتی که به عنوان یک پارامتر ورودی استفاده می‌شود، میانگین سرعت یا سرعت متوسط است. محاسبه سرعت متوسط یک فرآیند پیچیده است و این داده‌ها از مرکز مطالعات حمل و نقل شهرداری تهران استفاده شده است.

مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-

ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلاشهر تهران

۳-۲-۳ تکنولوژی ناوگان

گرفته است. وسایل نقلیه در مدل IVE به ۳ دسته بر اساس نوع موتورها تقسیم می‌شوند: کوچک (کمتر از ۱۵۰۱ سی‌سی)، متوسط (۱۵۰۱-۳۰۰۰ سی‌سی) و بزرگ (بزرگتر از ۳۰۰۰ سی‌سی). همچنین تکنولوژی وسایل نقلیه با توجه به مسافت طی شده آنها در سه بخش تقسیم شده است: کمتر از ۸۰۰۰۰ کیلومتر کارکرد، ۸۰۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر کارکرد و بیش از ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر کارکرد.

در مجموع ۱۳۷۲ تکنولوژی متفاوت در مدل IVE پیشنهاد شده است. این تکنولوژی‌ها براساس نوع خودرو، اندازه و حجم موتور، نوع سوخت، سیستم سوخت رسانی، سیستم کنترل آگزوز، سیستم کنترل بخار و سن خودرو ارائه شده است. انتخاب تکنولوژی ناوگان برای مدلسازی، در رابطه با هر یک از تکنولوژی‌های وسایل نقلیه در ایران، مورد استفاده قرار

جدول ۵. وسایل نقلیه شماره‌گذاری شده^۱ در سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۵

سال	خودرو سواری	تاکسی	وانت و کامیونت	مینی‌بوس	اتوبوس	موتورسیکلت	کامیون	بقیه موارد	کل
۱۳۹۰	۳۳۸۸۵۳	۷۲۴۲	۲۷۹۸۵	۶۵۵	۹۲۳	۱۰۴۷۵۹	۷۰۷۹	۳۳۵۹	۴۹۰۸۵۵
۱۳۹۱	۲۶۰۹۴۷	۹۴۵	۳۵۱۵۴	۷۱۰	۵۰۴	۷۱۵۹۳	۴۰۲۹	۳۰۳۷	۳۷۶۹۱۹
۱۳۹۲	۲۵۲۰۱۲	۳۸۲	۲۱۸۵۴	۱۲۷	۱۹۸	۵۸۹۶۱	۲۲۰۰	۲۵۷۵	۳۳۸۳۰۹
۱۳۹۳	۳۹۴۸۶۲	۳۶۴۴	۴۰۲۴۹	۹۵	۳۰۳	۹۳۴۰۷	۳۳۶۴	۳۵۴۸	۵۳۹۴۷۲
۱۳۹۴	۳۳۴۴۷۸	۱۰۴۸	۱۸۷۱۲	۱۳۴	۲۶۹	۸۸۰۰۰	۲۸۴۹	۲۹۲۹	۴۴۸۴۱۹
۱۳۹۵	۳۷۰۶۴۷	۱۲۴۹۲	۱۴۸۸۸	۲۲۸	۳۹۱	۱۶۲۲۳۸	۳۱۵۹	۳۰۵۱	۵۶۷۰۹۴

جدول ۶. تنش موتور در سناریوهای مختلف در مدل IVE

index	VSP (Kw/Ton)		Engine Stress		index	VSP (Kw/Ton)		Engine Stress	
	min	max	min	max		min	max	min	max
1	-80	-44	-1.6	3.1	31	-7	-2.9	3.1	7.8
2	-44	-39.9	-1.6	3.1	32	-2.9	1.2	3.1	7.8
3	-39.9	8	-1.6	3.1	33	1.2	5.3	3.1	7.8
4	8	-31.7	-1.6	3.1	34	5.3	9.4	3.1	7.8
5	-31.7	-27.6	-1.6	3.1	35	9.4	13.6	3.1	7.8
6	-27.6	-23.4	-1.6	3.1	36	13.6	17.7	3.1	7.8
7	-23.4	-19.3	-1.6	3.1	37	17.7	21.8	3.1	7.8
8	-19.3	-15.2	-1.6	3.1	38	21.8	25.9	3.1	7.8
9	-15.2	-11.1	-1.6	3.1	39	25.9	30	3.1	7.8
10	-11.1	-7	-1.6	3.1	40	30	-80	7.8	12.6
11	-7	-2.9	-1.6	3.1	41	-80	-44	7.8	12.6
12	-2.9	1.2	-1.6	3.1	42	-44	-39.9	7.8	12.6
13	1.2	5.3	-1.6	3.1	43	-39.9	-35.8	7.8	12.6
14	5.3	9.4	-1.6	3.1	44	-35.8	-31.7	7.8	12.6
15	9.4	13.6	-1.6	3.1	45	-31.7	-27.6	7.8	12.6
16	13.6	17.7	-1.6	3.1	46	-27.6	-23.4	7.8	12.6
17	17.7	21.8	-1.6	3.1	47	-23.4	-19.3	7.8	12.6
18	21.8	25.9	-1.6	3.1	48	-19.3	-15.2	7.8	12.6
19	25.9	30	-1.6	3.1	49	-15.2	-11.1	7.8	12.6
20	30	1000	-1.6	3.1	50	-11.1	-7	7.8	12.6

index	VSP (Kw/Ton)		Engine Stress		index	VSP (Kw/Ton)		Engine Stress	
	min	max	min	max		min	max	min	max
21	-80	-44	3.1	7.8	51	-7	-2.9	7.8	12.6
22	-44	-39.9	3.1	7.8	52	-2.9	1.2	7.8	12.6
23	-39.9	-35.8	3.1	7.8	53	1.2	5.3	7.8	12.6
24	-35.8	-31.7	3.1	7.8	54	5.3	9.4	7.8	12.6
25	-31.7	-27.6	3.1	7.8	55	9.4	13.6	7.8	12.6
26	-27.6	-23.4	3.1	7.8	56	13.6	17.7	7.8	12.6
27	-23.4	-19.3	3.1	7.8	57	17.7	21.8	7.8	12.6
28	-19.3	-15.2	3.1	7.8	58	21.8	25.9	7.8	12.6
29	-15.2	-11.1	3.1	7.8	59	25.9	30	7.8	12.6
30	-11.1	-7	3.1	7.8	60	30	1000	7.8	12.6

جدول ۷. تکنولوژی‌های ناوگان در بزرگراه‌های مورد مطالعه

Index	Kilometer 10e3	Evaporative emissions control	Exhaust system	Fuel Control System	Weight	Type of vehicle
11	>161	PCV	II way	Carburetor	Light	Cars / Trucks
14	>161	PCV	II way	Carburetor	Medium	Cars / Trucks
17	>161	PCV	II way	Carburetor	Heavy	Cars / Trucks
117	<79	PCV	III way	Multi-Point FI	Light	Cars / Trucks
118	80-161	PCV	III way	Multi-Point FI	Light	Cars / Trucks
119	> 161	PCV	III way	Multi-Point FI	Light	Cars / Trucks
120	<79	PCV	III way	Multi-Point FI	Medium	Cars / Trucks
121	80-161	PCV	III way	Multi-Point FI	Medium	Cars / Trucks
122	> 161	PCV	III way	Multi-Point FI	Medium	Cars / Trucks
124	80-161	PCV	III way	Multi-Point FI	Heavy	Cars / Trucks
125	> 161	PCV	III way	Multi-Point FI	Heavy	Cars / Trucks
175	80-161	PCV	Euro I	Multi-Point FI	Medium	Cars / Trucks
184	80-161	PCV	Euro II	Multi-Point FI	Medium	Cars / Trucks
192	<79	PCV	Euro III	Multi-Point FI	Medium	Cars / Trucks
771	<79	None	Particulate	FI	Heavy	Cars / Trucks
772	80-161	None	Particulate	FI	Heavy	Cars / Trucks
773	> 161	None	Particulate	FI	Heavy	Cars / Trucks
1079	> 161	None	None	Pre-Inj	Light	Bus / Trucks
1170	< 25	None	None	Carb-2cycle	Light	Small engines
1171	25-50	None	None	Carb-2cycle	Light	Small engines
1172	> 50	None	None	Carb-2cycle	Light	Small engines

۳-۲-۴ سیستم تهویه هوا مطبوع

این پارامتر نسبت خودروهایی را که با استفاده از سیستم تهویه هوا سفر می‌کنند را تعریف می‌کند. در این مطالعه فرض شده است که تمامی وسایل نقلیه با کمتر از ۸۰۰۰۰ کیلومتر کارکرد، ۹۵ درصد از کلیه وسایل نقلیه بین ۸۰۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر

کارکرد و ۸۵ درصد از تمام وسایل نقلیه بیش از ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر کارکرد دارای سیستم کنترل هوای مطبوع سالم هستند. IVE سیستم تهویه مطبوع را برای وسایل در دمای بیش از ۲۷ درجه سانتیگراد روشن فرض می‌کند.

۳-۲-۵ سوخت

فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال چهاردهم / شماره سوم (۵۶) / بهار ۱۴۰۲

مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-

ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

برای ساخت مدل ترکیبی تاثیر همزمان جریان ترافیک خودروها در بزرگراه‌ها، هوایماها در فرودگاه و اتوبوس‌ها و خودروهای سواری در پایانه، همانند روال قبل ابتدا باید ضرائب انتشار محاسبه گردد. برای فرودگاه مهرآباد ضرائب انتشار با استفاده از روش ICAO محاسبه گردیده است و همچنین ضرائب انتشار در پایانه آزادی نیز با استفاده از مدل IVE در بخش ۳-۳ تخمین زده می‌شود. در این مرحله فقط به محاسبه میانگین ضرائب انتشار در سال ۱۳۹۶ برای آزادراه و جاده قدیم تهران - کرج، بزرگراه آزادگان، لشگری، جناح و شیخ فضل‌الله پرداخته شده است. برای بدست آوردن ضرائب انتشار میانگین نرخ تردد در ساعت اوج ترافیک و میانگین پارامترهای هواشناسی برای فصول تابستان و زمستان بصورت مجزاء در نظر گرفته شده است و پس از وارد نمودن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز، خروجی مدل برای انتشار CO، VOC، NO_x، SO_x و PM_{2.5}، با استفاده از مدل IVE برای قطعات مورد مطالعه در جدول (۸) نمایش داده شده است.

پارامترهای سوخت به کیفیت کلی سوخت از قبیل مقدار سرب، گوگرد، اکسیژن و بنزن در سوخت بستگی دارد. در این مطالعه تمامی پارامترهای مرتبط با سوخت تحت سوخت معمولی در IVE در نظر گرفته شده‌اند. به عنوان مثال، کیفیت سوخت معمولی برای بنزین کمتر از ۳۰۰ppm گوگرد، حدود ۱/۵ درصد بنزن و بدون در نظر گرفتن سرب است و همچنین گوگرد برای موتورهای دیزلی کمتر از ۵۰۰ppm در نظر گرفته شده است.

۳-۲-۶ پارامترهای هواشناسی

پارامترهای هواشناسی نه تنها بر میزان انتشار آلاینده‌ها تاثیر می‌گذارند، بلکه بر عملکرد موتور نیز تاثیر می‌گذارند و به طور مستقیم در مدل IVE استفاده می‌شود. برای مدل بکار رفته در این مقاله، میانگین پارامترهای آب و هوایی روزانه مانند دما و رطوبت که در جدول (۲) نشان داده شده است، استفاده شده است.

۳-۲-۷ نتایج مدل‌سازی با IVE و تعیین نرخ انتشار

جدول ۸. نرخ انتشار بزرگراه‌های مورد مطالعه در مدل ترکیب منابع

آلاینده / خیابان	تابستان ۱۳۹۶					زمستان ۱۳۹۵				
	CO (kg/h)	VOC (g/h)	NO _x (kg/h)	SO _x (kg/h)	PM (kg/h)	CO (kg/h)	VOC (g/h)	NO _x (kg/h)	SO _x (kg/h)	PM (kg/h)
	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده
شیخ فضل‌الله	۵۹۳/۳۷	۸۹/۰۳	۸۵/۲۴	۰/۵۴	۲/۴۸	۳۵۶/۶۱	۷۷/۷۱	۵۲/۲۱	۰/۴۳	۲/۳۷
آزادگان	۵۶۴/۵۷	۸۴/۸۰	۸۱/۰۲	۰/۵۱	۲/۳۷	۳۳۹/۸۳	۷۴/۰۵	۴۹/۷۶	۰/۴۹	۲/۲۶
لشگری بخش غربی	۲۵۴/۵۸	۴۰/۲۰	۳۴/۶۵	۰/۲۳	۱/۱۳	۱۶۴/۵۷	۳۵/۸۶	۲۴/۰۹	۰/۲۰	۱/۰۹
لشگری بخش شرقی	۲۲۹/۱۶	۳۶/۲۳	۳۱/۱۵	۰/۲۱	۱/۰۲	۱۴۸/۳۹	۳۲/۳۳	۲۱/۷۳	۰/۱۸	۰/۹۹
جاده کرج	۳۰۹/۱۲	۴۸/۷۷	۴۲/۱۱	۰/۲۸	۱/۳۷	۱۹۹/۵۹	۴۳/۴۹	۲۹/۲۲	۰/۲۴	۱/۳۳

آلاینده / خیابان	تابستان ۱۳۹۶					زمستان ۱۳۹۵				
	CO (kg/h)	VOC (g/h)	NO _x (kg/h)	SO _x (kg/h)	PM (kg/h)	CO (kg/h)	VOC (g/h)	NO _x (kg/h)	SO _x (kg/h)	PM (kg/h)
	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده
آزادراه کرج	۲۲۹/۹۷	۳۷/۱۲	۳۰/۵۳	۰/۲۱	۱/۰۴	۱۵۳/۳۳	۳۳/۴۱	۲۲/۴۵	۰/۱۸	۱/۰۲
جناح	۷۴۳/۶۸	۱۱۶/۴۹	۱۰۲/۱۲	۰/۶۷	۳/۲۶	۴۷۵/۳۶	۱۰۳/۵۸	۶۹/۶۰	۰/۵۷	۳/۱۶

۳-۳ مدل‌سازی پایانه‌ها

ترمینال‌ها از منابع مهم در نشر آلودگی هوا به دلیل تجمع خودروها و اتوبوس‌ها است.

۳-۳-۱ پایانه غرب

تهران در سال ۱۳۷۰ کلنگ احداث بزرگ‌ترین پایانه کشور در این مکان زده شد و در نیمه دوم سال ۱۳۷۵ با ۵۰ هکتار مساحت افتتاح شد. پایانه مسافری غرب که تاکنون نیز بزرگ‌ترین پایانه مسافری کشور محسوب می‌شود. این پایانه به دلیل موقعیت استراتژیک خود و حصار شدن در میان چهار بزرگراه محمد علی جناح، شیخ فضل‌اله نوری، برادران شهید رحمانی و جاده مخصوص کرج، تردد اتوبوس‌ها را تسهیل کرده است. تعداد مسافران و خودروهای عمومی که در این پایانه‌ها در سالهای ۱۳۹۶-۱۳۹۱ سرویس‌دهی شده‌اند در جدول (۹) نمایش داده شده است.

با توجه به توسعه شهرنشینی و افزایش فاصله مبدا و مقصد سفرهای روزانه شهروندان، روزانه تعداد زیادی مسافر از شهرهای کوچک با اهداف مختلف وارد کلان شهرها می‌شوند. بنابراین امروزه فراهم شدن امکانات و تسهیلات و ساماندهی سامانه حمل و نقل عمومی به جهت کاهش ترافیک و سرعت در تردد پایانه‌ها به عنوان یکی از دروازه‌های ورودی در سفرهای زمینی پذیرای مسافران زیادی است. اما متأسفانه همیشه نارضایتی و شکایت مردم از مشکلات اجتماعی، ترافیکی و محیط زیستی پایانه‌ها را به همراه دارد. همانطوری که پیشتر اشاره شد برای ارزیابی زیست محیطی شهرها نیازمند شناخت کافی از تمامی منابع انتشار آلاینده‌ها است که

جدول ۹. تعداد مسافران و خودروهای عمومی سرویس‌دهی شده در پایانه غرب طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۶

نام پایانه	اتوبوس		سواری		مینی‌بوس و میدلباس		جمع		نسبت کل
	مسافر	سرویس	مسافر	سرویس	مسافر	سرویس	مسافر	سرویس	
۱۳۹۶	-	-	-	-	-	-	۱,۰۴۳,۰۵۴	۱۳,۳۴۶,۷۷۸	۰,۴۱
۱۳۹۵	-	-	-	-	-	-	۱,۰۲۲,۱۰۴	۱۴,۲۰۰,۴۱۴	۰,۴۰
۱۳۹۴	۶۷۹,۳۴۶	۱۳,۴۰۳,۹۵۴	۳۷۲,۵۵۲	۱,۴۹۰,۷۱۸	۱۱۵,۰۷۰	۴,۹۹۲	۱,۰۵۶,۸۹۰	۱۵,۰۰۹,۷۴۲	۰,۴۲
۱۳۹۳	۶۷۸,۱۱۴	۱۴,۹۰۶,۲۹۰	۳۹۲,۰۰۴	۱,۵۶۸,۲۸۰	۸۸,۰۸۴	۴,۰۳۸	۱,۰۷۴,۱۵۶	۱۶,۵۶۲,۶۵۴	۰,۴۲
۱۳۹۲	۷۳۲,۲۳۲	۱۶,۴۴۳,۰۴۶	۴۲۸,۷۷۸	۱,۷۲۲,۱۴۶	۱۰۲,۴۹۶	۴,۶۳۶	۱,۱۶۵,۶۴۶	۱۸,۲۶۷,۶۸۸	۰,۴۳
۱۳۹۱	-	-	-	-	-	-	۱,۱۸۸,۷۸۴	۱۸,۸۵۶,۷۷۰	۰,۴۲

جدول ۱۰. نرخ انتشار پایانه مسافربری غرب بین سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۶

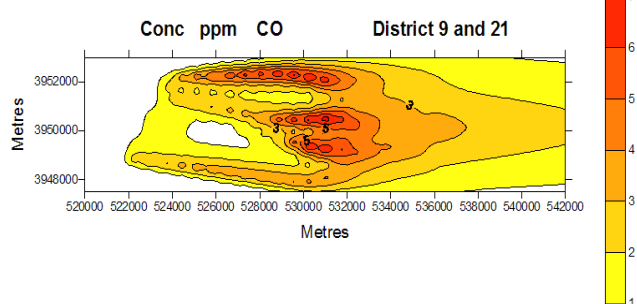
مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل IVE-ADMS برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل ICAO-

ADMS برای فرودگاه‌ها - مطالعه موردی: کلانشهر تهران

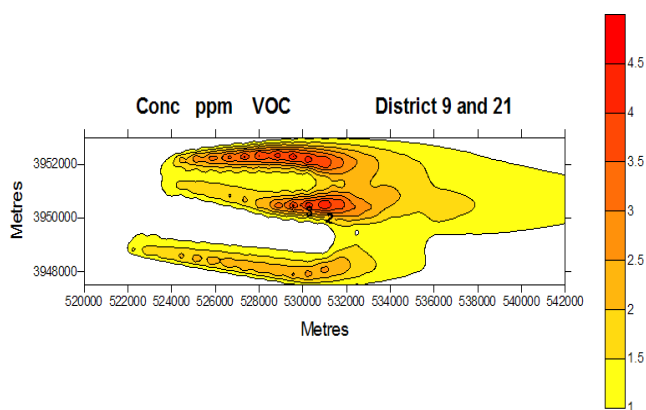
سال	PM (g/h)	SO _x (g/h)	NO _x (kg/h)	VOC (g/h)	CO (kg/h)
مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده	مدلسازی شده
۱۳۹۱	۸۶/۰۰	۴۵/۱۴	۱/۷۷	۳۰۴/۰۸	۲/۲۲
۱۳۹۲	۸۴/۴۲	۴۴/۳۱	۱/۷۴	۲۹۸/۴۷	۲/۱۸
۱۳۹۳	۷۷/۷۵	۴۰/۸۱	۱/۶۰	۲۷۴/۹۱	۲/۰۱
۱۳۹۴	۷۷/۵۸	۴۱/۰۳	۱/۶۲	۲۷۷/۲۳	۲/۰۴
۱۳۹۵	۷۵/۴۶	۴۰/۰۴	۱/۵۸	۲۷۰/۸۵	۲/۰۰
۱۳۹۶	۷۷/۴۶	۴۱/۲۱	۱/۶۳	۲۷۹/۰۶	۲/۰۷

۳-۳-۲ تعیین نرخ انتشار

برای تعیین نرخ انتشار ابتدا باید با داشتن اطلاعات ناوگان، تکنولوژی ناوگان، مشخصات مربوط به سوخت و همچنین اطلاعات هواشناسی در مدل IVE پیاده‌سازی نمود. لازم به توضیح است از آنجائی که در پایانه‌ها خودروها اغلب بصورت درجا عمل می‌کنند، لذا لازم است تا اطلاعات مربوط به چرخه رانندگی بصورت چرخه نرمال و با حدود ۸۰ درصد استارت سرد مدلسازی گردد. ضمناً اطلاعات هواشناسی برای سال‌های مختلف بصورت میانگین دمای ماهیانه سال نمایش داده شده در جدول (۲) در نظر گرفته می‌شود. جدول (۱۰) نرخ انتشار مربوط به پایانه‌های غرب را در سالهای ۱۳۹۱-۱۳۹۶ بصورت میانگین روزانه در ساعت اوج و در هر سال نمایش می‌دهد. در نهایت با استفاده از جداول (۴)، (۸) و (۱۰) مدل پراکنش ADMS، برای منطقه مورد مطالعه که بخشی از منطقه ۹ و بخشی از منطقه ۲۱ شهرداری تهران ایجاد شده است. مدل پراکنش آلاینده‌های CO، VOC، NO_x، SO_x و PM در فصل تابستان ۱۳۹۶ در شکل (۱۵) الی (۱۹) نمایش داده شده است.



شکل ۱۵. مدل پراکنش آلاینده CO در مدل ترکیبی منابع انتشار



شکل ۱۶. مدل پراکنش آلاینده VOC در مدل ترکیبی منابع انتشار

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به مدل پراکنش آلاینده‌ها مشاهده می‌گردد منطقه مورد مطالعه تحت منابع انتشار آلاینده مختلف برای آلاینده CO بیشتر تحت تاثیر فرودگاه مهرآباد، پایانه غرب، بخش شرقی بزرگراه لشگری و آزادراه تهران - کرج قرار گرفته است. برای آلاینده VOC نیز آزادراه تهران - کرج و بخش میانی منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر قرار گرفته‌اند و آن هم به دلیل نرخ بیشتر تردد در آزادراه بوده است.

آلاینده‌های NO_x و علی‌الخصوص آلاینده SO_x بیشتر در مجاورت فرودگاه مهرآباد است و این نشان می‌دهد که نشر این آلاینده در فرودگاه نسبت به خیابان‌ها قابل توجه بوده است. آنچه مورد اهمیت است تاثیر خیابانهای شرقی - غربی و بالعکس نسبت به خیابان‌های شمالی - جنوبی و بالعکس است. همانطور که قبلاً مشاهده گردیده بود باد غالب تهران از غرب به شرق بوده و خیابان‌هایی که در این راستا قرار داشته پراکنش شدیدتری نسبت به خیابان‌های عمود بر باد غالب داشته‌اند و آلاینده‌های منتشر شده از منابع خطی هم جهت با باد غالب نیز تا ارتفاع و طول بیشتری از مجاورت خیابان‌ها را مورد آلاینده‌گی قرار داده‌اند.

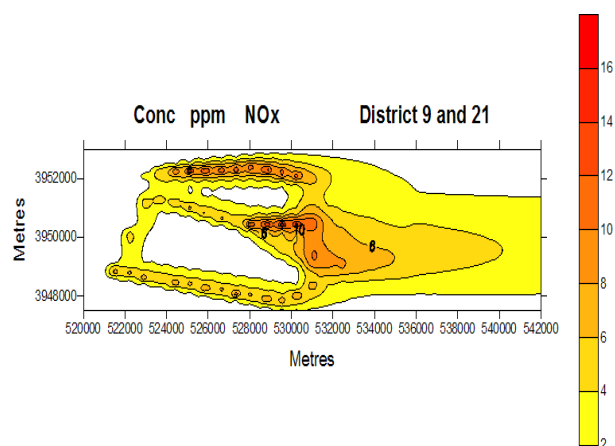
۵. پی‌نوشت‌ها

- 1- US Environmental Protection Agency (US EPA)
- 2- World Health Organization (WHO)
- 3- International Vehicle Emission (IVE)
- 4- The International Civil Aviation Organization (ICAO)
- 5- Atmospheric Dispersion Modelling System (ADMS)
- 6- Time in Mode (TIM)
- 7- Mehrabad International Airport (MIA)

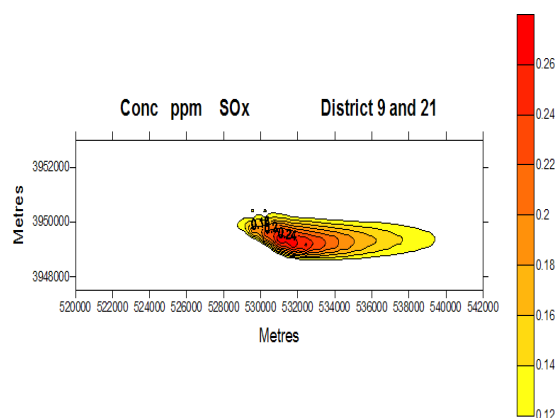
۸- آمار از مرکز شماره‌گذاری خودرو تهران

۶. مراجع

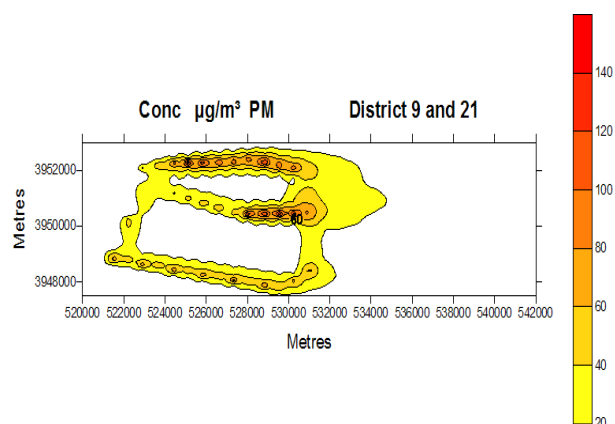
فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال چهاردهم / شماره سوم (۵۶) / بهار ۱۴۰۲



شکل ۱۷. مدل پراکنش آلاینده NO_x در مدل ترکیبی منابع انتشار



شکل ۱۸. مدل پراکنش آلاینده SO_x در مدل ترکیبی منابع انتشار



شکل ۱۹. مدل پراکنش آلاینده PM در مدل ترکیبی منابع انتشار

Journal of Cleaner Production, Vol. 207, pp. 1023-1032.

- Norton, T.M. (2014) "Aircraft Greenhouse Gas Emissions during the Landing and Takeoff Cycle at Bay Area Airports", The University of San Francisco.

- Nutramon, T., Supachart, C. (2009) "Influence of driving cycles on exhaust emissions and fuel consumption of gasoline passenger car in Bangkok", J. Environ. Sci-China, Vol. 21, pp. 604-611.

- Peng, J., Zhang, Y., Xie, R., Liu, Y. (2018) "Analysis of driving factors on China's air pollution emissions from the view of critical supply chains", Journal of Cleaner Production, Vol. 203, pp. 197-209.

- Pouresmaeili, M., A., Aghayan, I., Taghizadeh, S, A. (2017) "Development of Mashhad driving cycle for passenger car to model vehicle exhaust emissions calibrated using on-board measurements", Sustainable Cities and Society, Vol. 36, pp. 12-20.

- Sanchez, M., Lopez-Mosquera, N., Lera-Lopez, F., Faulin, J. (2018) "An Extended Planned Behavior Model to Explain the Willingness to Pay to Reduce Noise Pollution in Road Transportation" Journal of Cleaner Production, Vol. 177, pp. 144-154.

- Shafabakhsh, G., Taghizadeh, S, A., Mehrabi Kooshki, S. (2018) "Investigation and sensitivity analysis of air pollution caused by road transportation at signalized intersections using IVE model in Iran", European Transport Research Review, Vol. 10, No. 7.

- Siwek, K., Osowski, S. (2012) "Improving the accuracy of prediction of PM10 pollution by the wavelet transformation and an ensemble of neural predictors", Engineering

- Arhami, M., Kamali, N., Rajabi, M, M., (2013) "Predicting hourly air pollutant levels using artificial neural networks coupled with uncertainty analysis by Monte Carlo simulations", Environment Science Pollutant Research, Vol. 20: pp. 4777-4789.

- Fan, Y., Perry, S., Klemeš, J., Lee, Ch. (2018) "A review on air emission assessment: transportation", Journal of Cleaner Production, Vol. 194, pp. 673-684.

- Franco, V., Kousoulidou, M., Muntean, M., Ntziachristos, L., Hausberger, S., Dilara, P. (2013) "Road vehicle emission factors development: A review", Atmospheric Environment, Vol. 70, pp. 84-97.

- Geng, Y., Maa, Z., Xue, Bing., Ren, W., Liu, Z., Fujita, T. (2013) "Co-benefit evaluation for urban public transportation sector e a case of Shenyang, China", Journal of Cleaner Production, Vol. 5, pp.82-91.

- Guan, D., Su, X., Zhang, Q., Peters, G.P., Liu, Z., Lei, Y., He, K. (2014) "The socioeconomic drivers of China's primary PM2.5 emissions", Environmental Research Letters, Vol. 9.

- Hadian, M., Razimoghdam, M., Abutorabi, A. (2017) "Assessment of the Value of Air Quality Improvement in Tehran", Journal of Environmental Assessment Policy and Management, Vol. 19, No. 4.

- Kesgin, U. (2006) "Aircraft emissions at Turkish airports", Energy, Vol. 31, pp. 372-384.

- Liu, Y., Liao, W., Li, L., Huang, Y., Xu, W., Zeng, X. (2018) "Reduction measures for air pollutants and greenhouse gas in the transportation sector: A cost-benefit analysis",

Applications of Artificial Intelligence, Vol. 25, pp. 1246-1258.

- ترازنامه انرژی، دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی،

۱۳۸۸

[http://pep.moe.gov.ir/%D8%A7%D9%86%D8%AA%D8%B4%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA/%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C-%DA%A9%D9%84-%DA%A9%D8%B4%D9%88%D8%B1%D8%AF%D8%B1-%DA%86%D9%87%D8%A7%D8%B1-%D8%AF%D9%87%D9%87/%DA%A9%D8%AA%D8%A8-%D8%AF%D9%87%D9%87-80/%D8%B3%D8%A7%D9%84-88-\(1\)/%D8%A7%DA%A9%D8%B3%D9%84/%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C-%D8%B3%D8%A7%D9%8488-%D9%BE%DB%8C-%D8%AF%DB%8C-%D8%A7%D9%81](http://pep.moe.gov.ir/%D8%A7%D9%86%D8%AA%D8%B4%D8%A7%D8%B1%D8%A7%D8%AA/%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C-%DA%A9%D9%84-%DA%A9%D8%B4%D9%88%D8%B1%D8%AF%D8%B1-%DA%86%D9%87%D8%A7%D8%B1-%D8%AF%D9%87%D9%87/%DA%A9%D8%AA%D8%A8-%D8%AF%D9%87%D9%87-80/%D8%B3%D8%A7%D9%84-88-(1)/%D8%A7%DA%A9%D8%B3%D9%84/%D8%AA%D8%B1%D8%A7%D8%B2%D9%86%D8%A7%D9%85%D9%87-%D8%A7%D9%86%D8%B1%DA%98%DB%8C-%D8%B3%D8%A7%D9%8488-%D9%BE%DB%8C-%D8%AF%DB%8C-%D8%A7%D9%81)

- Taghizadeh, S.A., Shafabakhsh, G. (2018) "Evaluation of Air Pollution Dispersion from Urban Transportation at Signal Intersections with IVE Model - Case Study: Valiasr Crossroad in Tehran", The 17th international conference on transportation and traffic engineering, Tehran, IRAN.

- Xie, X., Tou, X., Zhang, L. (2017) "Effect analysis of air pollution control in Beijing based on an odd-and-even license plate model", Journal of Cleaner Production, Vol. 142, No. 2, pp. 936-945.

- Zhang, H., Wang, S., Hao, J., Wang, X., Wang, S., Chai, F., Li, M. (2016) "Air pollution and control action in Beijing", journal of Cleaner Production, Vol. 112, pp. 1519-1527.

- افندی‌زاده، ش.، مستوفی، ک. (۱۳۸۴) "نقش فرهنگ‌سازی ترافیک در کاهش آلودگی هوا"، همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت، موسسه مطالعاتی زیست محیط پاک.

- خسروی خلیران، ا.، شفاابخش، غ.، تقی‌زاده، س. ع.، (۱۳۹۷)، "ارائه مدل انتخاب وسیله نقلیه برای دسترسی زمینی به فرودگاه، مطالعه موردی: فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد مشهد"، فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، سال دهم، شماره اول، ۱۹-۲۹.

- شفاابخش، غ.، تقی‌زاده، س. ع.، مهربانی، س. (۱۳۹۳) "بررسی تاثیر حجم ترافیک و سرعت متوسط ناوگان در میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از حمل و نقل در خیابان‌های شهری - مطالعه موردی: خیابان فرهنگ ساری"، چهاردهمین کنفرانس حمل و نقل و ترافیک، تهران.

مدل پراکنش آلاینده‌ها با ترکیب منابع انتشار حمل و نقلی با استفاده از مدل **IVE-ADMS** برای راه‌ها و پایانه‌ها و مدل **ICAO-**

ADMS برای فرودگاه‌ها – مطالعه موردی: کلاشهر تهران

سیدعلی تقی‌زاده، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران – عمران را در سال ۱۳۸۸ و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران – راه و ترابری را در سال ۱۳۹۱ از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی اخذ نموده و دانش‌آموخته دکتری در رشته مهندسی عمران – راه و ترابری از دانشگاه سمنان در سال ۱۳۹۸ هستند. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدل‌سازی آلودگی هوا ناشی از سامانه‌های حمل‌ونقل شهری و فرودگاه‌ها، مدل‌های انتخاب گسسته در حمل‌ونقل و بهینه‌سازی بوده و در حال حاضر مدرس حق‌التدریس در چندین دانشگاه‌های دولتی و غیردولتی هستند.



غلامعلی شفاعبخش، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران – عمران و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران – راه و ترابری را از دانشگاه علم و صنعت ایران و همچنین دومین کارشناسی ارشد خود در رشته سیویل و دکتری را در رشته مهندسی عمران – راه و ترابری را از دانشگاه **INSA** فرانسه اخذ نموده‌اند. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان زیرسازی و روسازی راه، راه آهن و فرودگاه است. وی در حال حاضر عضو هیات علمی دانشگاه سمنان با مرتبه استاد هستند.



محمود احمدی‌نژاد، ایشان دانش‌آموخته کارشناسی (۱۳۶۵)، کارشناسی ارشد (۱۳۶۷) و دکترا (۱۳۷۶) از دانشگاه علم و صنعت ایران در رشته مهندسی عمران – برنامه‌ریزی حمل و نقل هستند. در حال حاضر عضو هیات علمی گروه حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران با درجه علمی دانشیار می‌باشند. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه‌ریزی حمل و نقل، مهندسی ترافیک، ایمنی ترافیک و مدیریت است.

